

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-321495

(43) 公開日 平成10年(1998)12月4日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>  
H 0 1 L 21/027  
G 0 3 F 1/16  
G 2 1 K 5/08

識別記号

F I  
H 0 1 L 21/30 5 3 1 M  
G 0 3 F 1/16 A  
G 2 1 K 5/08 Z

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平9-124180

(22) 出願日 平成9年(1997)5月14日

(71) 出願人 000003193

凸版印刷株式会社

東京都台東区台東1丁目5番1号

(72) 発明者 松尾 正

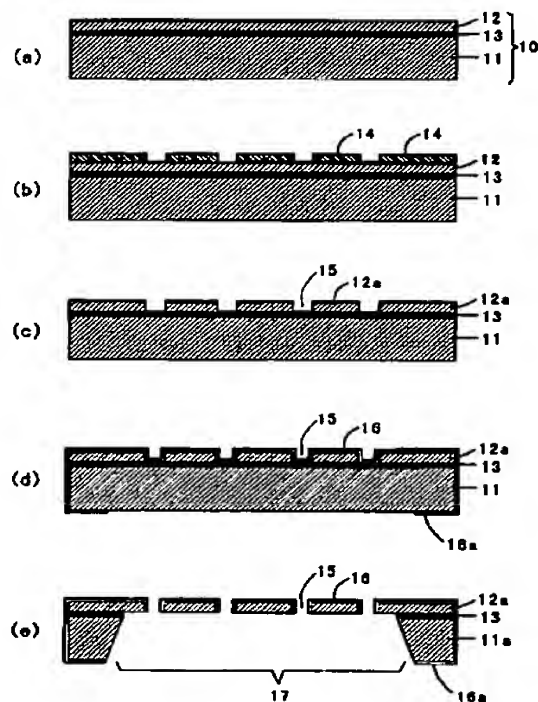
東京都台東区台東1丁目5番1号 凸版印刷株式会社内

(54) 【発明の名称】 X線露光用マスクとその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 マスク構成および製造プロセスに起因するパターン位置変位の小さい(位置精度の高い)X線露光マスクおよびその製造方法を提供すること。

【解決手段】 下部単結晶シリコン基板11と上部単結晶シリコン基板12が二酸化珪素膜13にて貼り合わされた貼り合わせ基板10を用いて、まず上部単結晶シリコン基板12上に、電子線描画やフォトリソグラフィの手段により、レジストパターン14を形成し、このレジストパターン14をマスクとして上部単結晶シリコン基板12をドライエッチングしてX線吸収部12a及びX線透過部15からなるパターン領域を形成する。一方下部シリコン基板11側の保護膜パターン16aをマスクとして下部単結晶シリコン基板11を80~90℃のKOH水溶液等によりバックエッチングして開口部17及び支持枠体11aを形成して本発明のX線露光マスクを作製する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 X線吸収部とX線透過部とからなるパターン領域と、前記パターン領域を固定する支持枠体とからなるX線露光用マスクにおいて、前記X線吸収部が単結晶シリコンからなることを特徴とするX線露光用マスク。

【請求項2】 前記X線透過部が貫通孔からなることを特徴とする請求項1記載のX線露光用マスク。

【請求項3】 前記パターン領域を固定する支持枠体が単結晶シリコンからなることを特徴とする請求項1又は2記載のX線露光用マスク。

【請求項4】 前記パターン領域を形成する上部単結晶シリコン基板と、前記支持枠体を形成する下部単結晶シリコン基板が二酸化珪素膜にて貼り合わされていることを特徴とする請求項1乃至3のうちいずれか一項に記載のX線露光用マスク。

【請求項5】 前記パターン領域を形成する上部単結晶シリコン基板の厚さが1.5  $\mu\text{m}$ から3.5  $\mu\text{m}$ の範囲にあることを特徴とする請求項1乃至4のうちいずれか一項に記載のX線露光用マスク。

【請求項6】 上部単結晶シリコン基板と下部単結晶シリコン基板を二酸化珪素膜にて貼り合わせ、上部単結晶シリコン基板にX線吸収部とX線透過部とからなるパターン領域を、下部単結晶シリコン基板に前記パターン領域を固定する支持枠を形成することを特徴とする請求項1乃至5のうちいずれか一項に記載のX線露光用マスクの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明はX線リソグラフィに使用されるX線露光用マスクとその製造方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 X線リソグラフィは波長数 $\text{\AA}$ （オングストローム）から数十 $\text{\AA}$ の軟X線を光源とする露光転写技術であり、X線露光マスクは転写したい所望の回路パターンから成るX線吸収性パターンがX線透過性薄膜上に形成されたものである。

【0003】 従来のX線露光マスクの基本的な構造は図5に示すように、X線吸収性薄膜をパターンニングしたX線吸収性パターン23と、X線吸収性パターン23を支持するX線透過性薄膜22と、その外周を固定する支持枠体21（通常は1~2mm厚のSi）とから成っている。

【0004】 従来のX線露光マスクの製造方法は、まずSi基板の主面にX線が透過し易いSiN、SiC、BN、ダイヤモンド等軽元素の厚さ1~2 $\mu\text{m}$ 程度のX線透過性薄膜を形成し、裏面には保護膜を形成する。次に主面のX線透過性薄膜上にX線が透過しにくいAu、W、Ta等原子番号の大きい物質からなる厚さ0.5 $\mu$

m程度のX線吸収性薄膜を形成する。

【0005】 その後の工程はX線吸収性薄膜のパターンニングを先に行うか、支持枠体の形成（一般にバックエッチングと呼ばれる）を先に行うかにより2通りに分かれる。一般に前者を後行バックエッチ法といい、後者を先行バックエッチ法という。

【0006】 X線吸収性薄膜のパターンニングは、X線吸収性薄膜上へ所望のレジストパターンを形成した後、このレジストパターンをマスクとしてX線吸収性薄膜をエッチングすることによりなされる。またバックエッチングは、裏面の保護膜を通常のフォトリソグラフィの手段によりパターンニングした後、その保護膜のパターンをマスクとして、枠体と成る部分以外のSi（支持基板）を熱アルカリ等によりウェットエッチングで除去することによりなされる。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】 上記のような従来の構造および製造方法のX線露光マスクにおいては、X線透過性薄膜はバックエッチング後緊張した自立膜となるために、内部応力として適度（通常 $3\sim 7\times 10^7$  Pa程度）の引張応力を有するように成膜されている必要がある。このX線透過性薄膜の内部応力は、特に後行バックエッチング法において、X線吸収性パターンの位置変位を生じさせる主要な原因となっていた。

【0008】 また、X線吸収性薄膜の内部応力はできる限り零に近い方が望ましいが、一般的な薄膜の特性として（例えば文献（1）金原栄著、薄膜（裳華房）p.127）、低応力に、しかも面内の応力分布がないように成膜することはほとんど不可能に近い。このようなX線吸収性薄膜の内部応力とその面内分布は、特に先行バックエッチング法において、X線吸収性パターンの位置変位を生じさせる主要な原因となっている。

【0009】 このように従来の構造および製造方法のX線露光マスクは、X線吸収性パターンの位置変位が生じ易く、非常に重大な問題となっている。これらの位置変位をいかになくすか、またいかに小さくして位置精度を向上（一般には1GDRAMクラスで $3\sigma: 30\text{nm}$ 以下）するか、という問題がディープサブミクロン領域の微細パターンに係わるX線露光マスクにおいて、その実用化と存在価値を左右する重要な鍵を握っている。

【0010】 本発明はこのような問題点を解決するためになされたものであり、その課題とするところは、マスク構成および製造プロセスに起因するパターン位置変位の小さい（位置精度の高い）X線露光マスクおよびその製造方法を提供することにある。

## 【0011】

【課題を解決するための手段】 本発明では上記課題を解決するために、まず請求項1においては、X線吸収部とX線透過部とからなるパターン領域と、前記パターン領域を固定する支持枠体とからなるX線露光用マスクに

において、前記X線吸収部が単結晶シリコンからなることを特徴とするX線露光用マスクとしたものである。

【0012】また、請求項2においては、前記X線透過部が貫通孔からなることを特徴とする請求項1記載のX線露光用マスクとしたものである。

【0013】また、請求項3においては、前記パターン領域を固定する支持枠体が単結晶シリコンからなることを特徴とする請求項1又は2記載のX線露光用マスクとしたものである。

【0014】また、請求項4においては、前記パターン領域を形成する上部単結晶シリコン基板と、前記支持枠体を形成する下部単結晶シリコン基板が二酸化珪素膜にて貼り合わされていることを特徴とする請求項1乃至3のうちいずれか一項に記載のX線露光用マスクとしたものである。

【0015】また、請求項5においては、前記パターン領域を形成する上部単結晶シリコン基板の厚さが1.5  $\mu\text{m}$ から3.5  $\mu\text{m}$ の範囲にあることを特徴とする請求項1乃至4のうちいずれか一項に記載のX線露光用マスクとしたものである。

【0016】さらにまた、請求項6においては、上部単結晶シリコン基板と下部単結晶シリコン基板を二酸化珪素膜にて貼り合わせ、上部単結晶シリコン基板にX線吸収部とX線透過部からなるパターン領域を、下部単結晶シリコン基板に前記パターン領域を固定する支持枠を形成することを特徴とする請求項1乃至5のうちいずれか一項に記載のX線露光用マスクの製造方法としたものである。

【0017】本発明のX線露光マスクおよびその製造方法によれば、パターン領域を形成するX線の吸収部と透過部を構成する材料は単結晶シリコンであるので、製造工程中に薄膜の内部応力に起因する位置変位が生じることとはなく、結果的にパターン位置精度の高いX線露光マスクが得られる。

【0018】

【発明の実施の形態】以下本発明の実施の形態につき説明する。本発明のX線露光マスクの構成を図1に、製造方法を図2に模式断面図で示す。本発明のX線露光マスクはX線吸収部12aとX線透過部15からなるパターン領域と該パターン領域を固定する支持枠体11aが単結晶シリコンにて構成されており、パターン領域を形成する単結晶シリコンと、支持枠体11aを形成する単結晶シリコンは二酸化珪素膜13にて貼り合わされている。

【0019】以下、本発明のX線露光マスクの構成及び製造方法について、工程順に説明する。まず、下部単結晶シリコン基板11と上部単結晶シリコン基板12が二酸化珪素膜13にて貼り合わされた貼り合わせ基板10を用意する(図2(a)参照)。このような貼り合わせ基板10は一般にSOI(Silicon on Insulator)基板

と呼ばれ、センサ類を作製するための基板として一般的に使われている。

【0020】次に、貼り合わせ基板10の上部単結晶シリコン基板12上に、電子線描画やフォトリソグラフィの手段により、単層または多層からなるレジストパターン14を形成する(図2(b)参照)。

【0021】次に、レジストパターン14をマスクとして上部単結晶シリコン基板12をドライエッチングした後レジストパターン14を剥離して、X線吸収部12a及びX線透過部15からなるパターン領域を形成する(図2(c)参照)。

【0022】次に、X線吸収部12a及びX線透過部15が形成された貼り合わせ基板10の両面に保護膜16を堆積する。保護膜16は下部シリコン基板11側のみ形成する方法もあるが、通常は上部シリコン基板12側も保護するために両面に形成される。この工程は通常の減圧CVD法によれば一工程で済む。その後、後のバックエッチング工程で開口部17を形成する際のマスクとなるよう、通常のフォトリソグラフィとドライエッチングにより下部シリコン基板11側の保護膜16をパターンニングし、保護膜パターン16aを形成する(図2(d)参照)。

【0023】次に、保護膜パターン16aをマスクとして下部単結晶シリコン基板11を80~90℃のKOH水溶液等によりバックエッチングして開口部17及び支持枠体11aを形成した後、下部単結晶シリコン基板11がバックエッチングされた部分の二酸化珪素膜13を除去して本発明のX線露光マスクが得られる(図2(e)参照)。

【0024】尚、最終的に保護膜16は図2(e)のように残したままでもよいし、X線露光マスクの使用環境によっては熱りん酸等で剥離してもよい。また、バックエッチングの工程は上部単結晶シリコン基板12のパターンニング工程に先んじて行ってもよい。この場合は最終的に図2(e)において、X線透過部15の孔の側面には保護膜は存在しなくなる。

【0025】以下、X線吸収部12aの単結晶シリコン基板の厚さが、1.5  $\mu\text{m}$ から3.5  $\mu\text{m}$ の範囲にあることが好ましい理由について説明する。X線吸収部の厚さの有効範囲を決める要因は露光に使用するX線波長での、吸収部に対する透過部のマスクコントラスト(振幅比)と位相差である。

【0026】一般に吸収性材料の光学的性質は次の複素屈折率 $n$ によって表される(例えば、文献(3)ULSIリソグラフィ技術の革新(サイエンスフォーラム)p.396)。

$$n = 1 - \delta - i\beta \quad (i: \text{虚数単位})$$

ここで $\delta$ は材料内での光の位相変化、 $\beta$ は同じく吸収に関連する量であり、吸収性材料のX線に対する $\delta$ 、 $\beta$ は次式で表される。

$$\delta = N r \cdot \lambda \cdot f_1 / 2\pi \dots\dots\dots ①$$

$$\beta = N r \cdot \lambda \cdot f_2 / 2\pi \dots\dots\dots ②$$

$$N = N_A \cdot \rho / w \dots\dots\dots ③$$

ここで、N：単位体積あたりの原子の個数、 $N_A$ ：アボガドロ数、 $\rho$ ：密度、 $w$ ：質量数、 $r$ ：古典原子半径、 $\lambda$ ：X線の波長、 $f_1$ 、 $f_2$ ：原子散乱因子

【0027】さらに、吸収部に対する透過部のマスクコントラスト $mc$ と位相差 $ps$ は、各々 $\delta$ と $\beta$ を使って次式で表される。

$$mc = \exp(-4\pi\beta d / \lambda) \dots\dots\dots ④$$

$$ps = 2\pi\delta d / \lambda \dots\dots\dots ⑤$$

ここで、 $d$ ：吸収部の厚さ

従って吸収部に使用する材料の露光X線波長での $f_1$ 、 $f_2$ が分かれば、そのX線露光マスクの $mc$ と $ps$ は計算することができる。

【0028】各種材料の波長ごとの $f_1$ 、 $f_2$ の値は文献(4)(Henke et al., Atomic Data and Nuclear Data Tables(1982))に図や表があり、Siについてはp.p.35に記載されている。

【0029】ところで、マスクコントラストを大きくするには使用するX線の波長は、吸収性材料の吸収端よりもやや短めの波長とするのがよい。文献(4)によればSiは6.738Åに吸収端があり、この付近の $f_1$ 、 $f_2$ はp.p.35の図から読みとると、 $f_1 \approx 10.0$ 、 $f_2 \approx 4.0$ である。これより①～⑤式を用いて吸収部のSiの厚さ( $d$ )を横軸にマスクコントラスト $mc$ と位相差 $ps$ を計算したのが図3である。

【0030】一般に近接X線露光においては、回折の影響を抑えるために露光波長はせいぜい15Åくらいまでが適当とされている。そこで長めの波長の代表としては、文献(4)p.p.35の表の中の14.56Åを選ぶと、 $f_1 = 13.08$ 、 $f_2 = 1.41$ であるので、同様に①～⑤式を用いて吸収部のSiの厚さ( $d$ )を横軸にマスクコントラスト $mc$ と位相差 $ps$ を計算すると図4のようになる。

【0031】マスクコントラストの最適値は一般に、露光時のマスク～ウェハー間ギャップや線幅および位相差に依存し、現在各所で検討が行われている(例えば、文献(5)Somemura et al., Jpn.J.Appl.Phys., Vol.32(1993), pp.5971)が、概ね3～8の間が有効範囲であることは各文献で一致している。そこで図3と図4を総合して、マスクコントラスト3～8を与える吸収部の単結晶シリコン基板の厚さ1.5～3.5μmを有効範囲とする。

【0032】

【実施例】以下、実施例により本発明を詳細に説明する。

【0033】まず、主面の面方位が<100>で厚さ3μmの上部単結晶シリコン基板12と、主面の面方位が<100>で厚さ500μmの下部単結晶シリコン基板

11を、下部単結晶シリコン基板11表面に熱酸化により形成した1μm厚の二酸化珪素膜13にて貼り合わせた貼り合わせ基板10を用意した(図2(a)参照)。

【0034】次に、貼り合わせ基板10の上部単結晶シリコン基板12上に電子線レジストを塗布し、通常の電子線リソグラフィプロセスにより所定パターンを露光、現像処理してレジストパターン14を形成した(図2(b)参照)。

【0035】次に、レジストパターン14をマスクにして上部単結晶シリコン基板12をSF<sub>6</sub>ガスを主ガスとするドライエッチングによりエッチングした後レジストパターン14を有機溶剤で剥離し、X線吸収部12a及びX線透過部15からなるパターン領域を形成した(図2(c)参照)。ここで、ドライエッチング装置は高アスペクト比のエッチングが可能なICP(誘導結合プラズマ)型を用いた。

【0036】次に、パターン領域が形成された貼り合わせ基板の両面を窒化シリコン膜で被覆し、保護膜16を形成した。成膜法は減圧CVD法を使い、膜厚は1000Åとした。

【0037】さらに、下部単結晶シリコン基板11側の窒化シリコン膜16上に通常のフォトリソグラフィ法により、レジストパターンを作製し、このレジストパターンをマスクとして、窒化シリコン膜16をドライエッチングし、開口部を形成するための保護膜パターン16aを形成した(図2(d)参照)。

【0038】次に、保護膜パターン16aをマスクとして下部単結晶シリコン基板を30重量%、85℃のKOH水溶液によりバックエッチングして開口部17を形成した。

【0039】最後に、下部単結晶シリコン基板がバックエッチングされた部分の二酸化珪素膜13を緩衝フッ酸で完全に除去して、本発明のX線露光マスクが得られた(図2(e)参照)。

【0040】

【発明の効果】以上詳細に説明したように、本発明のX線露光マスクおよびその製造方法によれば、X線吸収部12aとX線透過部15からなるパターン領域及びパターン領域を固定する支持枠体16aは単結晶シリコンから構成され、さらにX線透過部15は貫通孔で形成されているので、製造工程中に単結晶シリコン基板の内部応力に起因する位置変位が生じることはなく、結果的にパターン位置精度の高いX線露光マスクが得られる。また、X線吸収部12aの単結晶シリコン基板の厚さを1.5μmから3.5μmの範囲にすることで、マスク～ウェハー間ギャップなどの露光条件に合わせた最適なマスクコントラスト、位相差をもつX線露光マスクを得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のX線露光マスクの一実施例の構成を示

す模式断面図である。

【図2】本発明のX線露光マスクの一実施例の製造工程と構成を示す模式断面図である。

【図3】X線波長6.738Åの場合の本発明のX線露光マスクのX線吸収部のシリコン厚さとマスクコントラスト、位相差の関係を示す説明図である。

【図4】X線波長14.56Åの場合の本発明のX線露光マスクのX線吸収部のシリコン厚さとマスクコントラスト、位相差の関係を示す説明図である。

【図5】従来のX線露光マスクの構成を示す模式断面図 10

【符号の説明】

10……貼り合わせ基板

11……下部単結晶シリコン基板

(5)

特開平10-321495

8

\* 11a……支持枠体

12……上部単結晶シリコン基板

12a…… X線吸収部

13……二酸化珪素膜

14……レジストパターン

15…… X線透過部

16……保護膜

16a……保護膜パターン

17……開口部

21……支持枠体

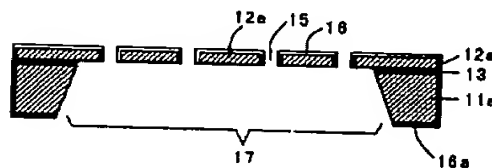
22……X線透過性薄膜

23……X線吸収性パターン

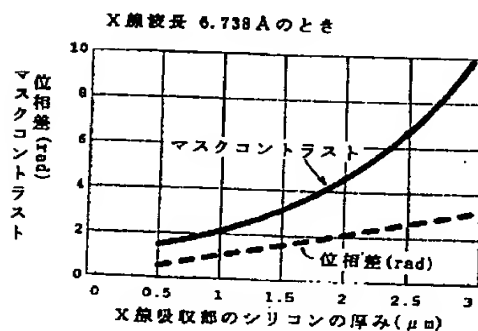
26……保護膜パターン

\*

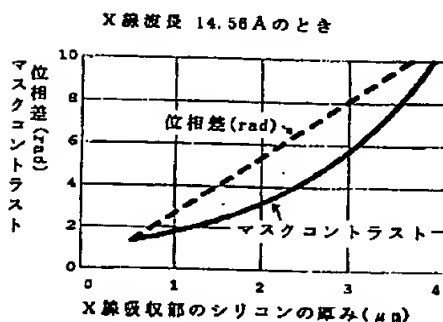
【図1】



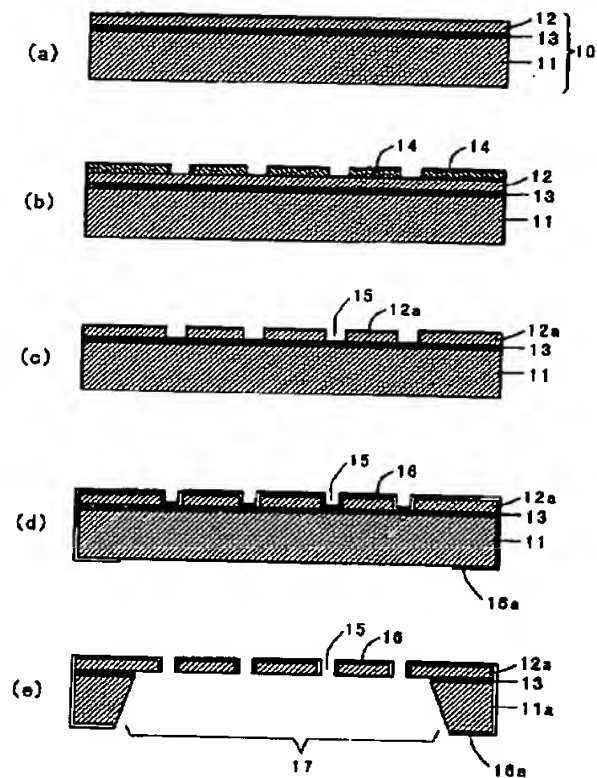
【図3】



【図4】



【図2】



【図5】

